

图 32-3 PWM 定时器的时钟树状框图

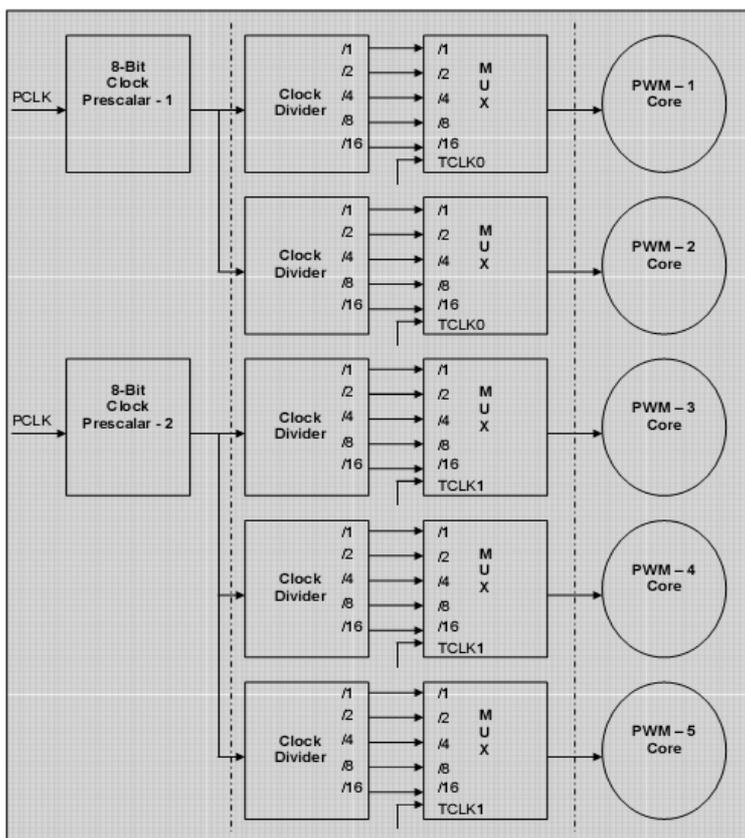


图 32-4 PWM 定时器的详细时钟树状框图

32.1 PWM 定时器的特性

PWM 支持的特性分别如下：

- 五个 32 位的定时器。
- 两个 8 位的时钟预定标器，提供第一级版本，用于 PCLK，五个时钟分频器和多路复用器提供第二级版本，用于分频器时钟和两个外部时钟。
- 可编程的时钟，用于个别 PWM 通道选择逻辑。
- 四个独立的脉宽调制通道，具有可编程控制的作用和极性。
- 静态配置：脉宽调制为停止状态。
- 动态配置：脉宽调制正在运行。

- 支持自动重新装载模式和一次触发脉冲模式。
- 支持两个外部输入到启动 PWM。
- 死区发生器在两个 PWM 上输出。
- 支持 DMA 传输。
- 可选脉冲或中断级产生。

PWM 有两个运行模式：

(1) 自动重新载入模式

连续的 PWM 脉冲产生，基于编程作用循环和极性。

(2) 一次触发脉冲模式

只有一个 PWM 脉冲的产生是基于编程作用循环和极性的。

PWM 的控制功能，提供 18 个特殊功能寄存器。PWM 是一个可编程输出，双重时钟输入 AMBA 次模块并连接先进的外设总线（APB）。PWM 内的 18 个特殊功能寄存器通过 APB 处理被存取。

32.2 PWM 的操作

1. 预定标器与分配器

一个 8 位预定标器和 3 位分配器提出以下输出频率：如表 32-1 所示。

表 32-1 定时器最大、最小输出周期

4 位分配器设置	最低分辨率 (prescaler=0)	最高分辨率 (prescaler=255)	最大间隔 (TCNTBn=65535)
1/1 (PCLK=66MHz)	0.015 μ s (66.0MHz)	3.87 μ s (258kHz)	0.23s
1/2 (PCLK=66MHz)	0.031 μ s (33.0MHz)	7.75 μ s (129kHz)	0.50s
1/4 (PCLK=66MHz)	0.060 μ s (16.5MHz)	15.5 μ s (64.5kHz)	1.02s
1/8 (PCLK=66MHz)	0.121 μ s (8.25MHz)	31.0 μ s (32.2kHz)	2.03s
1/16 (PCLK=66MHz)	0.242 μ s (4.13MHz)	62.1 μ s (16.1kHz)	4.07s

2. 定时器的基本操作

其操作的基本流程，如图 32-5 所示。

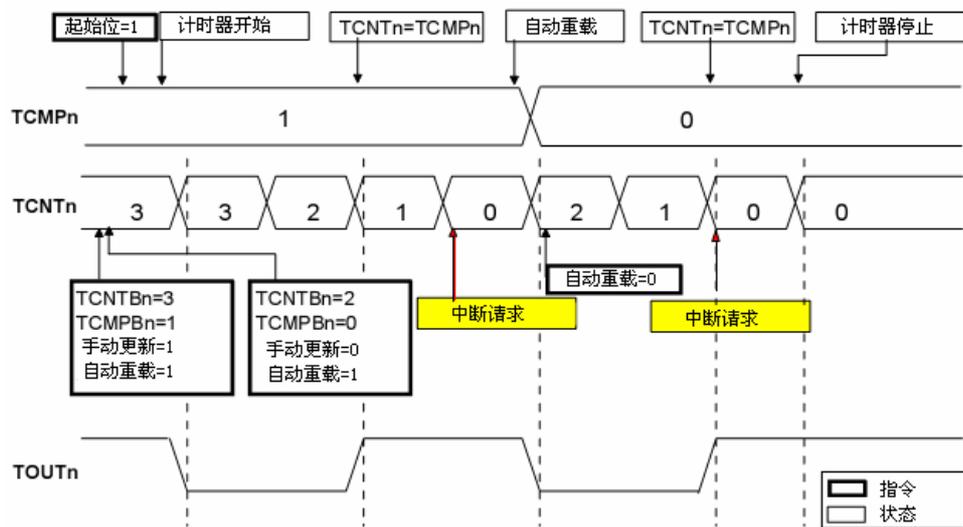


图 32-5 定时器的操作

定时器（除定时器通道 5）包括 TCMPBn、TCMPn、TCMPBn 和 TCMPn。当定时器置 ‘0’ 时，TCMPBn 和 TCMPBn 载入 TCNTn 和 TCMPn 中。当 TCNTn 置 ‘0’ 时，如果中断信号启动，则将产生中断请求。（TCNTn 和 TCMPn 是内部寄存器的名称。可以从 TCNT0n 寄存器中读取 TCNTn 寄存器。

3. 自动重新加载和双缓冲

定时器有一个双缓冲功能，在没有停止当前定时器操作基础上，它可以改变加载数值以适合于下一定时器的操作。虽然新的定时器值被设定，但当前定时器的操作已经被成功完成。定时器的值可以被写入 TCNTBn（定时器计数缓冲寄存器）以及定时器的当前计数器值从 TCNT0n 中被读取（定时器计数观察寄存器）。如果读 TCNTBn，这个值是下一个定时器的重载值不是当前计数器的状态。

自动重新载入是一个操作，当 TCNTn 置 “0” 时，它复制 TCNTBn 到 TCNTn。值写入 TCNTBn，当 TCNTn 达到 “0” 并自动重新启动时，它只能被加载到 TCNTn 中。如图 32-6 所示，描述了双缓冲功能的框图实例。

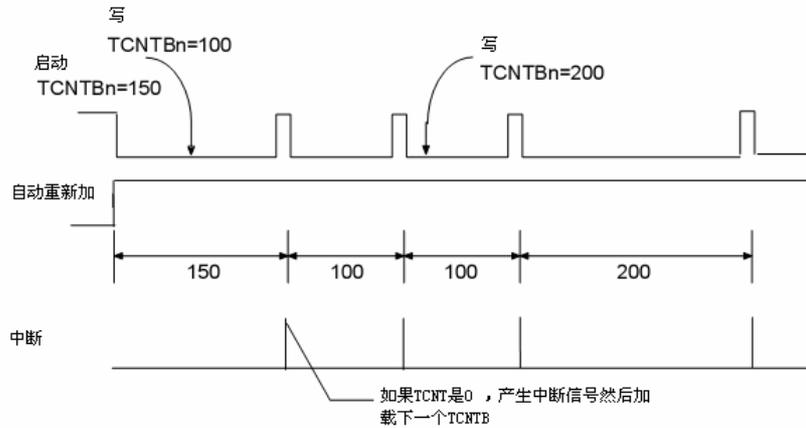


图 32-6 双缓冲功能框图实例

4. 定时器操作实例

显示下列程序的结果，如图 32-7 所示。

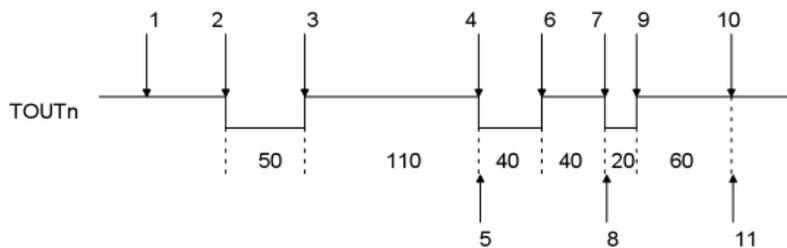


图 32-7 定时器的实例图

- (1) 启用自动重新载入功能。设置 TCNTBn 为 160 (50+110)，TCMPBn 为 110。设置手动更新位和反转位(开/关)。该手动更新位设置 TCNTn 和 TCMPn 为 TCNTBn 和 TCMPBn 的值。然后，设置 TCNTBn 和 TCMPBn 作为 80 (40+40) 和 40，以确定下一个重新载入的值。
- (2) 启动定时器即设置启动位和关闭手动更新位。
- (3) 当 TCNTn 和 TCMPn 有相同值时，TOUTn 的逻辑电平由低变为高。
- (4) 当 TCNTn 达到“0”时，TCNTn 和 TCNTBn 自动重装。在同一时间产生中断请求。
- (5) 在 ISR (中断服务程序) 中，TCNTBn 和 TCMPBn 被设置为 80 (60+20) 和 60，它被用于下一个持续时间。
- (6) 当 TCNTn 和 TCMPn 有相同值时，TOUTn 的逻辑电平由低变为高。

- (7) 当 TCNTn 达到“0”时，TCNTn 和 TCNTBn 自动重装。在同一时间产生中断请求。
- (8) 在 ISR（中断服务程序）中，自动重新载入并中断请求被禁止，以便停止定时器。
- (9) 当 TCNTn 和 TCMPn 有相同值时，TOUTn 的逻辑电平由低变为高。
- (10) 当 TCNTn 达到“0”时，TCNTn 没有任何更多的重载，因为自动重载被禁止而使定时器被停止。
- (11) 没有产生中断请求。

4. 初始化定时器（设置手动向上数据和逆变器）

因为计数器达到 0 时，定时器发生自动重载，所以用户必需首先定义 TCNTn 的开始值。在这种情况下，自动更新位必须载入初始值。可以采取下列步骤启动定时器：

- (1) 写初始值到 TCNTBn 和 TCMPBn 中。
- (2) 设置相应定时器的手动更新位。（建议设置逆变器的开/关位（是否用逆变器））
- (3) 设置相应定时器的起始位去启动定时器，并清空手动更新位。

5. PWM（脉宽调制）

PWM 功能应执行 TCMPBn。TCNTBn 决定 PWM 的频率。TCMPBn 决定 PWM 的值，如图 32-8 所示。

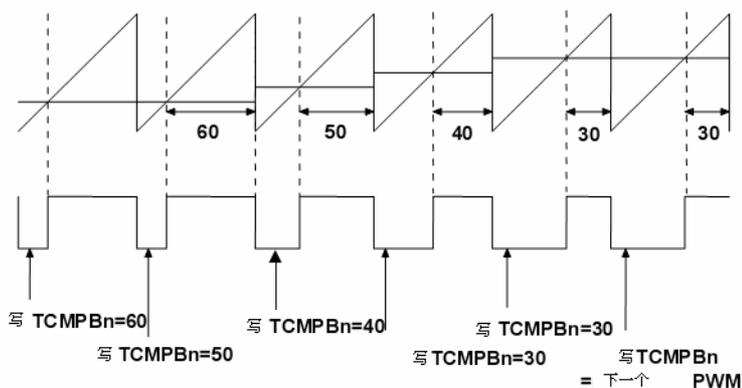


图 32-8 PWM 的实例

因为具有较高的 PWM 值，所以减少 TCMPBn 值。因为具有较低的 PWM 值，所以增加 TCMPBn 值。如果逆变器输出启用，递增/递减可能会适得其反。

由于双缓冲的特性，对于下一个 PWM 周期，TCMPBn，可以通过 ISR 被写入当前 PWM 周期的任何一端。

6. 输出电平控制

如图 32-9 所示，显示了逆变器的开/关。

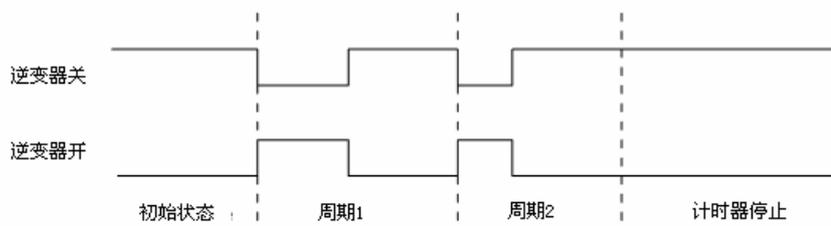


图 32-9 逆变器的开/关

下列方法是用来控制 TOUT，作为高电平或低电平。（假定逆变器是关闭状态）

(1) 关闭自动重新载入位。然后，TOUTn 达到高电平，同时定时器被停止，之后 TCNTn 达到 0。建议用这种方法。

(2) 通过清空定时器的开始/停止位为 0 来停止定时器。如果 $TCNTn \leq TCMPn$ ，输出高电平。如果 $TCNTn > TCMPn$ ，输出低电平。

(3) 在 TCON 中，通过逆变器的开/关位，TOUTn 可以被转换。逆变器移除额外的电路以调节输出电平。

7. 死区发生器

该死区是用于电源设备的 PWM 控制。这种功能用于在关闭一个开关设备和打开另一个开关设备之间插入。这个定时器禁止两个开关设备同时转向，即很短的时间。其死区特性开启时输出波形比较，如图 32-10 所示。

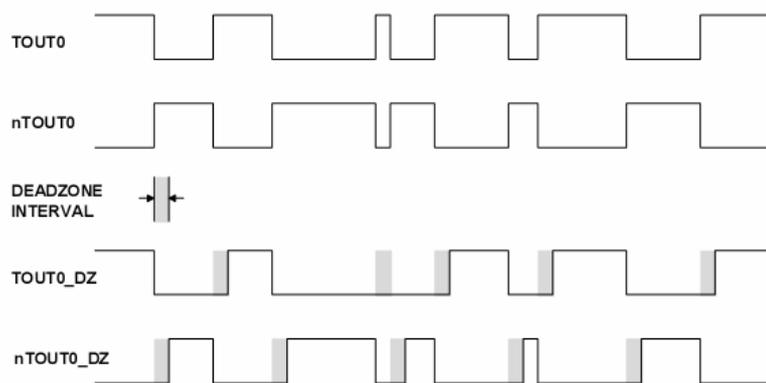


图 32-10 死区特性开启时输出波形比较

8. DMA 请求模式

在下计数器的周期结束时，代替发送中断，定时器可以配置成发送一个 DMA 请求信号到 DMA 的一个通道中。这种模式是让 DMA 传输在源和目标之间以固定的时间段发生。

DMA 请求过程：定时器可以在任意时间产生 DMA 请求，并且保持 DMA 请求信号（nDMA_REQ）为低，直到定时器收到 ACK 信号。当定时器收到 ACK 信号时，它使请求信号变得无效。只有一个定时器的时间可以被设定为 DMA 请求源。设置 DMA 模式位（在 TCFG1 寄存器中）决定了定时器产生 DMA 请求。如果 DMA 请求模式设定一个特定的定时器，即定时器发送 DMA 请求，并产生正常的 ARM 中断请求。而其它的定时器未被设定为 DMA 模式，仍然可以生成正常的 ARM 中断。如果没有的计时器被设定在 DMA 模式，那么它们都可以产生正常的中断。

如图 32-11 所示，显示直到 DMA 的发送的 ACK 信号，如何 DMA 请求将仍然有效。

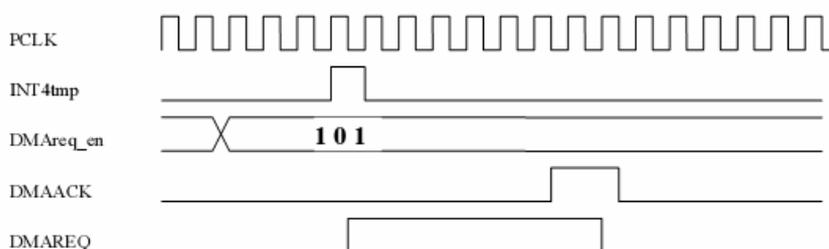


图 32-11 DMA 操作

如表 32-2 所示，显示在下计数器中，完成的每个定时器的作用。

表 32-2 DMA 模式和 DMA 请求配置

DMA 模式	DMA 请求	INT0	INT1	INT2	INT3	INT4
000	无选择	ON	ON	ON	ON	ON
001	定时器 0	ON	ON	ON	ON	ON
010	定时器 1	ON	ON	ON	ON	ON
011	定时器 2	ON	ON	ON	ON	ON
100	定时器 3	ON	ON	ON	ON	ON
101	定时器 4	ON	ON	ON	ON	ON
110	无选择	ON	ON	ON	ON	ON

9. 定时器中断的产生

通过控制 ‘INTRGEN_SEL’ 端口状态，PWMTIMER 提供产生脉冲中断和电平中断的灵活性。当

‘INTRGEN_SEL’ 端口状态是逻辑 1，将产生可选电平或可选脉冲中断。在 PWMTIMER 内部写入具体值到 ‘TINT_CSTAT’ 寄存器，控制中断产生。中断产生是基于 ‘TINT_CSTAT’ 寄存器中设置的值。

32.3 编程模型

为控制和观察 PWM 的状态，可使用下面的寄存器：

- (1) TCFG0: 时钟预定标器和死区结构。
- (2) TCFG1: 时钟多路复用器和 DMA 模式的选择。
- (3) TCON: 定时器控制寄存器。
- (4) TCNTB0: 定时器 0 计数缓冲寄存器。
- (5) TCMPB0: 定时器 0 比较缓冲寄存器。
- (6) TCNT00: 定时器 0 计数观察寄存器。
- (7) TCNTB1: 定时器 1 计数缓冲寄存器。
- (8) TCMPB1: 定时器 1 比较缓冲寄存器。
- (9) TCNT01: 定时器 1 计数观察寄存器。
- (10) TCNTB2: 定时器 2 计数缓冲寄存器。
- (11) TCMPB2: 定时器 2 比较缓冲寄存器。
- (12) TCNT02: 定时器 2 计数观察寄存器。
- (13) TCNTB3: 定时器 3 计数缓冲寄存器。
- (14) TCMPB3: : 定时器 3 比较缓冲寄存器。
- (15) TCNT03: 定时器 3 计数观察寄存器。
- (16) TCNTB4: 定时器 4 计数缓冲寄存器。
- (17) TCNT04: 定时器 4 计数观察寄存器。
- (18) TINT_CSTAT: 定时器中断控制和状态寄存器。

32.4 特殊功能寄存器

32.4.1. 寄存器图表

寄存器	偏移量	读/写	描述	复位值
TCFG0	0x7F006000	读/写	定时器配置寄存器 0 时配置两个 8 位预定标器和死区长度。	0x0000_0101
TCFG1	0x7F006004	读/写	定时器配置寄存器 1 时，5-MUX 和 DMA 模式选择寄存器。	0x0000_0000
TCON	0x7F006008	读/写	定时器控制寄存器。	0x0000_0000
TCNTB0	0x7F00600C	读/写	定时器 0 计数缓冲器。	0x0000_0000
TCMPB0	0x7F006010	读/写	定时器 0 比较缓冲寄存器。	0x0000_0000
TCNT00	0x7F006014	读	定时器 0 计数观察寄存器。	0x0000_0000
TCNTB1	0x7F006018	读/写	定时器 1 计数缓冲器。	0x0000_0000
TCMPB1	0x7F00601c	读/写	定时器 1 比较缓冲寄存器。	0x0000_0000
TCNT01	0x7F006020	读	定时器 1 计数观察寄存器。	0x0000_0000
TCNTB2	0x7F006024	读/写	定时器 2 计数缓冲器。	0x0000_0000
TCMPB2	0x7F006028	读/写	定时器 2 比较缓冲寄存器。	0x0000_0000
TCNT02	0x7F00602c	读	定时器 2 计数观察寄存器。	0x0000_0000
TCNTB3	0x7F006030	读/写	定时器 3 计数缓冲器。	0x0000_0000
TCMPB3	0x7F006034	读/写	定时器 3 比较缓冲寄存器。	0x0000_0000
TCNT03	0x7F006038	读	定时器 3 计数观察寄存器。	0x0000_0000
TCNTB4	0x7F00603c	读/写	定时器 4 计数缓冲器。	0x0000_0000
TCNT04	0x7F006040	读	定时器 4 计数观察寄存器。	0x0000_0000
TINT_CSTAT	0x7F006044	读/写	定时器中断控制和状态寄存器。	0x0000_0000

32.4.2. TCFG0 (定时器配置寄存器 0)

寄存器	偏移量	读/写	描述	复位值
TCFG0	0x7F006000	读/写	定时器配置寄存器 0, 可配置两个 8 位预定标器和死区长度。	0x0000_0101

定时器输入时钟频率 = PCLK / {预定标器的值 + 1} / {分频值}

{预定标器的值} = 0 ~ 255;

{分频值} = 1, 2, 4, 8, 16, TCLK

TCFG0	位	读/写	描述	初始状态
Reserved	[31:24]	读	保留	0x00
Dead zone length	[23:16]	读/写	死区的长度	0x00
Prescaler 1	[15:8]	读/写	预定标器 1 的值, 用于定时器 2、3 和 4	0x01
Prescaler 0	[7:0]	读/写	预定标器 0 的值, 用于定时器 0 和 1	0x01

32.4.3. TCFG1 (定时器配置寄存器 1)

寄存器	地址	读/写	描述	复位值
TCFG1	0x7F006004	读/写	定时器配置寄存器 1, 可控制 5 MUX 和 DMA 模式选择位	0x0000_0000

TCFG1	位	读/写	描述	初始状态
Reserved	[31:24]	读	保留位。	0x00
DMA mode	[23:20]	读/写	选择 DMA 请求通道选择位: 0000 : 无选择 0001 : INT0 0010 : INT1 0011 : INT2 0100 : INT 3 0101 : INT4	0x0